

## **Desarrollo de una metodología Lean-Six Sigma para una pyme mexicana.**

### **Caso: Empresa Textil, Tulancingo, Hgo.**

*Claudia Lilia Millán Franco<sup>1</sup>*

*Oscar Montaña Arango\**

*José Ramón Corona Armenta\*\**

#### **Resumen**

En este trabajo se expone la necesidad de analizar y configurar una metodología a través de Lean Manufacturing y Six Sigma, con la finalidad de que se adapte a las particularidades de una empresa textil, en cuanto a su entendimiento y aplicación. Para el desarrollo y conformación de la metodología se hizo un análisis de las diferentes herramientas/técnicas que se aplican en la solución de los problemas de una empresa, la cual se validó en campo, adaptándose al medio. Consta de 8 pasos, los cuales permitieron detectar el principal problema, desarrollar un diagnóstico, establecer un plan de mejora, implementar la solución y dar seguimiento. La metodología plantea diferentes herramientas en cada paso, que se seleccionan de acuerdo a las características y estatus del problema a tratar.

**Palabras clave:** Adaptación, metodología, lean manufacturing, six sigma, empresa textil.

#### **Abstract**

This paper presents the need to analyze and configure a methodology through Lean Manufacturing and Six Sigma, in order to adapt to the particularities of a textile company, in terms of understanding and application. For the development and conformation of the methodology, an analysis was made of the different tools / techniques that are applied in solving the problems of a company, which was validated in the field, adapting to the environment. It consists of 8 steps, which allowed to detect the main problem, to develop a diagnosis, to establish an improvement plan, to implement the solution and to follow up. The methodology presents different tools at each step, which are selected according to the characteristics and status of the problem to be addressed.

**Keywords:** Adaptation, methodology, lean manufacturing, six sigma, textile company.

---

<sup>1</sup> \*\*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo- Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial

## **Introducción**

Por efectos de la globalización y la dinámica del medio, las organizaciones nacionales e internacionales compiten para ganar más clientes y sobrevivir a la evolución permanente del entorno. Un ejemplo de ello es la posibilidad de los consumidores, quienes están cada día más y mejor informados de la calidad de los productos y servicios, por lo que buscan proveedores que satisfagan, e incluso, superen sus expectativas. Así, las organizaciones que aspiren a permanecer o perdurar de la mejor manera en su medio, deben tomar en cuenta la coyuntura actual, y revisar sus prácticas internas, comenzando por su cultura y enfoques, para dirigirlos hacia modelos de administración de la calidad total, en donde el énfasis se fija en el mercado y las necesidades del consumidor, reconociendo el impacto de la calidad como una oportunidad de competitividad (Aldana, 2011).

Entre las metodologías que apoyan la administración de la calidad y su mejora continua están: Lean Manufacturing y Six Sigma (Aldana, 2011). Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático, de identificación y eliminación del desperdicio o excesos de un proceso productivo y/o de prestación de servicios, entendiéndose como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. El verdadero poder de Lean Manufacturing radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que están escondidas en la empresa, debido a que siempre habrá desperdicios susceptibles de ser eliminados (Socconini, 2008).

Por otro lado, Six Sigma es una metodología de mejora que ayuda a disminuir la variación en el cumplimiento de los estándares de calidad de un producto o servicio. Cuando las variaciones se miden estadísticamente, la desviación estándar representa la variación de los datos respecto al promedio y se representa con la letra griega sigma ( $\sigma$ ), de ahí el nombre de sigma. Seis Sigma significa que pueden haber seis desviaciones estándar entre el promedio y la especificación del cliente, lo cual hace que la variación sea tan poca que sólo existan 3.4 defectos por cada millón (Gutiérrez y Vara, 2009, Socconini, 2008).

A partir de las dos metodologías anteriores, surge Lean Six Sigma (LSS) como concepto evolucionado de Six Sigma que se concentra en la mejora de procesos, pero enfocándose en soluciones prácticas claras y rápidas de implementar, que surgen de un análisis de procesos y actividades que agregan valor. LSS es aplicada por grandes empresas internacionales como Toyota y General Motors, quienes han demostrado la eficacia de su aplicación en el desarrollo de sus productos y el impacto positivo que tiene en la gestión de sus recursos, hablese de calidad,

aprovechamiento del factor humano, maquinaria y principalmente tiempo; lo cual representa actualmente uno de los grandes pilares en las estrategias de las organizaciones (Chen, 2008).

LSS es una de las metodologías más reconocidas a nivel mundial para la mejora de la calidad. En países como Japón, Holanda y E.U. su aplicación ha reflejado grandes beneficios para las empresas, debido al impacto del mejor aprovechamiento de recursos materiales y humanos de la organización. Sin embargo, en México existe un bajo porcentaje de implementación de esta metodología.

Para nuestro caso, la principal problemática que radica en la aplicación de LSS en las PyMES mexicanas, es que en cada fase de la metodología existe un extenso abanico de posibilidades en la selección de diversas herramientas de calidad y estadística; por lo que se identifica la oportunidad de caracterizar dichas herramientas para su aplicación en la anatomía de las PyMES mexicanas. Con base en esto, se propone una metodología que contribuya a una mayor adaptabilidad en la implementación de herramientas de calidad basadas en LSS.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Manufactura esbelta**

La manufactura esbelta es una filosofía que se originó en Japón con el sistema de producción Toyota, donde sus objetivos principales establecían la eliminación del exceso de inventarios y de capacidad, que se asociaba con la eliminación del desperdicio. El objetivo era crear un mayor valor al minimizar los efectos de la variabilidad en la cadena productiva y tiempo de procesamiento de la demanda (Mantilla, 2012). El análisis estadístico ayuda a tener un mejor entendimiento de la naturaleza, alcance y causas de la variabilidad, ayudando así a resolver e incluso prevenir los problemas que podrían derivarse de dicha variabilidad, y a promover la mejora continua. El pensamiento estadístico, es una filosofía de aprendizaje y acción basada en los siguientes principios: 1) todo el trabajo ocurre en un sistema de procesos interconectados; 2) la variación existe en todos los procesos, y 3) entender y reducir la variación son claves para el éxito. (Gutiérrez, 2010).

Cottyn et al. (2011) distinguen 5 principios para la Manufactura Esbelta: 1) definir e identificar la cadena de valor; 2) eliminar los pasos innecesarios en la cadena de valor; 3) crear flujos de valor; 4) ser capaces de producir por órdenes de los clientes y 5) perseguir la perfección, y con herramientas como Justo a Tiempo (JIT), Kanban, 5S, Cambios Rápidos (SMED), Mantenimiento Total Productivo, Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping), Poka Yokes, entre otros, con lo cual se busca reducir desperdicios en sistemas de producción y servicios, los que podemos clasificar de

acuerdo a lo siguiente: sobreproducción, inventarios, transportes, movimientos, defectos, reproceso y espera (Felizzola, 2014).

### **Six Sigma**

Es considerada una evolución de las teorías clásicas de la calidad y la mejora continua (Control Estadístico de Proceso y la Administración de la Calidad Total), toma elementos de teorías precursoras y las estructura de forma sistemática, con lo cual se crea un enfoque con mayor efectividad para consecución de resultados (Felizzola, 2014).

Esta metodología surgió en 1980 con Motorola, cuando realizó cambios drásticos en la forma de administrar los recursos como mano de obra, diseño y tecnología; logrando reducir un gran porcentaje de defectos. Por lo que actualmente ésta metodología se encuentra vigente, debido a que permite obtener nuevos niveles de productividad y servicio al cliente.

Six Sigma se enfoca en los requerimientos del cliente, prevención de defectos reducción del tiempo ciclo y reducción de costos; por lo que ayuda a las organizaciones a producir productos y servicios más rápido, con mayor grado de calidad y más económicos. Esta metodología se basa en un modelo de mejora del desempeño conocido por sus siglas en inglés como DMAIC (Pérez y García, 2014, Pyzdek, 2003):

- ✓ **Define:** Define el objetivo de la actividad de mejora.
- ✓ **Measure:** Mide el sistema existente.
- ✓ **Analyze:** Analiza el sistema para identificar posibles acciones para reducir la diferencia entre el desempeño actual del proceso y el objetivo deseado.
- ✓ **Improve:** Mejorar el sistema.
- ✓ **Control:** Controlar el nuevo sistema.

Six Sigma utiliza dos tipos de herramientas en los proyectos donde se aplica: A) De tipo general, como las siete herramientas de calidad: 1) Carta de proyecto; 2) Plan de recolección de datos; 3) Matriz de asignación de responsabilidades; 4) Análisis de interesados; 5) Matriz de proveedores-entradas-procesos-salidas-clientes, 6) Mapa de la cadena de valor y 7) Tratamiento de datos. B) Las específicas de cada proyectos, que son herramientas estadísticas, entre las cuales están: los estudios de capacidad del proceso, análisis Anova, contraste de hipótesis, diseño de experimentos, simulación de procesos y algunas utilizadas para el diseño de productos o servicios, como el QFD y AMFE (Pérez y García, 2014).

## Lean Six Sigma

LSS es la fusión de dos metodologías: Six Sigma y Lean Manufacturing. Trabajando en conjunto con ambas metodologías, LSS puede mejorar la rapidez y calidad de cualquier proceso en cualquier industria incrementando la satisfacción del cliente (Lean Six Sigma Institute, 2016).

Lean Manufacturing y Six Sigma fueron utilizadas por varios años de manera independiente, a finales de los 90's surgió LSS con la integración de ambas metodologías (Laureani, 2012). LSS permite a los empleados tener un mayor grado de autonomía, debido a que están involucrados en realizar aportaciones en el proceso, mediante propuestas de mejora, lo que conlleva a un sentido de pertenencia en la organización. Derivado de esto, se puede identificar que Six Sigma y Manufactura esbelta son metodologías que se complementan. Lean manufacturing; se enfoca en la reducción de desperdicios y actividades que no agregan valor en el proceso, mientras que Six Sigma; se enfoca en la reducción de variabilidad y de defectos en el proceso con el objetivo de reducir desperdicio. (Drohomeretski, E. Gouvea da Costa, Pinheiro de Lima, & da Rosa Garbuio, 2014). En la Tabla 1, se presentan las diferentes herramientas que se aplican en Lean Manufacturing, Six Sigma y LSS.

**Tabla 1. Herramientas de Manufactura Esbelta y Six Sigma utilizadas por LSS**

MANUFACTURA ESBELTA	SIX SIGMA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 S's</li> <li>• Justo a Tiempo</li> <li>• Kanban</li> <li>• Poka Yoke</li> <li>• TPM</li> <li>• Jidoka</li> <li>• Andon</li> <li>• SMED</li> <li>• Kaizen</li> <li>• Mapa de proceso</li> <li>• Sistemas de pensamiento</li> <li>• Takt time</li> <li>• 8D</li> <li>• PDCA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control estadístico del proceso</li> <li>• Lluvia de ideas</li> <li>• Diagramas de flujo</li> <li>• Diagramas de árbol</li> <li>• Diagramas de causa y efecto</li> <li>• Mapas de procesos</li> <li>• Mapas de flujo de valor de los procesos.</li> <li>• Análisis de modo de falla y efecto (AMEF)</li> <li>• QFD</li> <li>• RCM</li> <li>• ABC</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benchmarking</li> <li>• PDCA</li> <li>• Pareto</li> <li>• Histogramas</li> <li>• Dispersión</li> <li>• Análisis de correlación</li> <li>• ANOVA</li> <li>• Análisis de capacidad del proceso</li> <li>• Análisis de Regresión</li> <li>• Pruebas de hipótesis</li> <li>• Diseño de experimentos</li> <li>• Simulación</li> <li>• SCM</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Laureani (2012), menciona que el objetivo de LSS es incrementar la velocidad y la exactitud en la aplicación de proyectos, buscando generar los siguientes beneficios:

- Asegurar que se cumplan con las necesidades del cliente
- Eliminar actividades que no agregan valor

- Reducir la ocurrencia de productos defectuosos
- Reducir el tiempo ciclo
- Entregar el producto en el momento y lugar adecuado.

### Las pymes en el México

De acuerdo con la INEGI (sin fecha), en México existen 4,048,543 micro, pequeñas y medianas empresas, de las cuales el 56.5% son del sector comercio representando el 48.2% del personal ocupado; el 32.4% del sector servicio con un 32.9% del personal ocupado y el 11.1% del sector manufacturero con un 18.9% del personal ocupado. En cuanto a acciones a problemas en el proceso de producción señala lo mostrado en la tabla 2.

**Tabla 2. Acciones emprendidas ante problemas den el proceso de producción de las mipymes**

<b>Tamaño de empresa</b>	<b>Solución sin llevar a cabo acciones posteriores</b>	<b>Solución llevando a cabo acciones posteriores para evitarlos</b>	<b>Solución e instrumentación de mejora continua</b>	<b>Sin acciones de solución</b>
<b>Total</b>	<b>673,235</b>	<b>1,060,751</b>	<b>418,790</b>	<b>1,895,766</b>
Micro	661,510	1,022,659	387,009	1,881,244
Pequeñas	10,344	31,448	24,468	13,108
Medianas	1,382	6,645	7,313	1,414

Fuente: ENAPROCE 2015.

Montaño et al. (2010) señalan que los principales problemas internos en el sector pyme son: ausencia de objetivos, definición clara de estrategias, inadecuada estructura organizacional, centralización del poder, ausencia y manejo informal de políticas, falta de procedimientos formales, actualización de tecnología y aplicación de prácticas para mejorar la operación de los procesos. Las que han tenido éxito es gracias a que optaron por aplicar el conocimiento, invertir, mejorar considerablemente sus plantas y capacidades tecnológicas, reentrenar y capacitar a su personal, transformar en sus principios de gestión y el cambio de la administración empresarial.

### Sector textil en México

Conforme a los censos económicos de 2014, en el año 2013 se tenían registradas 43,858 unidades económicas del sector textil (fabricación de insumos, acabados textiles y prendas de vestir) que representaban el 8.9% del sector manufacturero, las cuales tuvieron un incremento del 14.1% con respecto al año 2008. En la tabla 3 se muestran las unidades económicas según tamaño para el año 2013.

**Tabla 3. Unidades económicas del sector textil en México del año 2013**

<b>Tamaño</b>	<b>Fabricación de insumos y acabados textiles</b>	<b>Fabricación de prendas de vestir</b>
Micro	14,532	26,058
Pequeña	248	1,967
Mediana	193	604
Grande	77	189

Fuente: Censos económicos (2014).

De acuerdo al Centro de Estudios en Competitividad (2010), la industria textil en México tiene un papel preponderante en el mercado industrial, al ser una actividad productiva dinámica y relevante; y por su aportación económica y generación de empleo en las diversas entidades del país. Este sector se favoreció con la apertura comercial y aprovechó las ventajas arancelarias del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. En este siglo, este sector industrial ha afrontado una creciente competencia de países del sureste asiático, en especial de China. Aunado a lo anterior, también se ha enfrentado a crisis económicas que se traducen en baja producción, reducción de empleo y ventas, que llevan consigo una continua pérdida de competitividad.

En el análisis sobre la competitividad actual de las empresas del sector textil, Arroyo y Cárcamo (2010) identifican la necesidad de avanzar hacia la producción de paquete completo, donde se debe alcanzar flexibilidad en la producción para responder a la demanda actual de bajos volúmenes para una alta variedad de productos; así como el desarrollo de capacidades para el diseño y la comercialización directa de las prendas de vestir en el mercado nacional, donde es de suma importancia la rapidez y calidad, teniendo como paradigma la mejora continua.

### **Las pymes en el estado de Hidalgo**

En el año 2013 el estado de Hidalgo tenía registradas 11,849 empresas en el sector industrial, que representaban el 2.4% a nivel nacional, donde 1,042 pertenecían a pequeñas y medianas empresas, las cuales se ubican dentro de la media nacional (INEGI, 2016).

El Plan de Desarrollo Estatal 2011-2016, describe que a pesar de la importante contribución de las micro, pequeñas y medianas empresas a la economía, no han podido consolidarse como ejes para el desarrollo, porque con la globalización enfrentan numerosos obstáculos y atrasos. SEDECO (2014) también menciona que el financiamiento, la baja competitividad, la tecnología, los sistemas de

calidad y el entorno, son los principales factores que determinan la capacidad de subsistencia de las mismas a los ciclos económicos.

### **Sector Textil en Hidalgo**

En el estado existen 259 pymes del sector textil (INEGI, sin fecha). Conforme a INEGI (2014) y la SEDECO (2014), el sector textil y de la confección fueron de los sectores más importantes para el estado en el periodo de 2003 a 2012, donde el rubro de fabricación de insumos y acabado de textiles registró una tasa de crecimiento promedio anual de 1.3%, superior a la tasa nacional de -0.7% y de los estados circunvecinos con excepción de Veracruz, que registró una tasa de 3.0%. En el rubro de fabricación de prendas de vestir, el estado tuvo una tasa anual de -1.9%; las cuales también se observaron en los estados circunvecinos con excepción de Tlaxcala que registró una tasa de 0.9%.

CANAIVE (2009) refiere que la economía nacional y el sector textil enfrentaron a inicios del siglo una de las más grandes crisis económicas de su historia. Sin embargo, el estado de Hidalgo entre los años 2010 y 2012 tuvo una importante recuperación en el sector, con tasas de crecimiento promedio anual de 1.1%, superiores a las tasas promedio del país.

La SEDECO (2014) describe que el sector textil es de los más relevantes en el estado, por ser de los principales generadores de empleo, siendo de los que tienen mayor presencia, porque el 75% de los municipios cuenta con empresas de las industrias textil y de la confección. Los municipios con mayores niveles de producción en insumos y acabados textiles, productos textiles y prendas de vestir, son: Tepeji del Río, Tizayuca, Tlaxcoapan, Zapotlán, Tlanalapa, Tepeapulco, Pachuca, Mineral de la Reforma, Progreso, Actopan, Cuautepec y Tulancingo (INEGI, 2009).

### **Casos de implementación de LSS a nivel nacional e internacional**

Con el objetivo de identificar los principales factores que inciden en la implementación de LSS; se realizó una investigación de diferentes casos de estudio, encontrándose lo mostrado en la tabla 4.

**Tabla 4. Análisis de casos de implementación de LSS**

<b>Caso</b>	<b>Características</b>	<b>Factores críticos de implementación</b>
Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en PyMES industriales mexicanas (Niño y Bednarek,	Encuesta a 300 pymes de San Luis Potosí y el centro del país sobre LSS	➤ Sólo el 18% entiende el Sistema de Manufactura Esbelta como estrategia para reducir tiempos y mejorar la flexibilidad del



2010)		proceso.
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ausencia de un plan con enfoque integral de implementación de herramientas de mejora continua.</li> <li>➤ Falta de documentación y registro de lo que pasa en el proceso.</li> </ul>
Implementation of Lean Six Sigma in small- and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands (Timans, et al.,2011)	Identifica, mediante 1500 los principales factores críticos para la implementación exitosa de LSS	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Falta de un plan estandarizado</li> <li>➤ Resistencia interna</li> <li>➤ Disponibilidad de recursos</li> <li>➤ Cambios en el enfoque de negocios</li> <li>➤ Falta de liderazgo</li> <li>➤ Falta de personal con experiencia en LSS.</li> <li>➤ Se prefiere utilizar en mayor grado herramientas de Manufactura Esbelta en comparación con las herramientas estadísticas de Six Sigma, por el fácil entendimiento de las misma.</li> </ul>
Critical success factors for the effective implementation of Lean Sigma: Results from an empirical study and agenda for future research (Laureani, 2012)	Estudio exhaustivo de la principal literatura sobre los factores críticos de éxito para la implementación de la metodología LSS de diversas empresas y países.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compromiso de la alta dirección</li> <li>➤ Cultura organizacional</li> <li>➤ Ligar LSS a la estrategia de negocio</li> <li>➤ Diferentes estilos de liderazgo</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con base en Laureani, 2012, Timans, 2012, Niño, 2010.

Se puede observar que los factores que inciden en la implementación de LSS son:

- Planeación estratégica
- Cultura organizacional
- Capacitación
- Compromiso de la alta dirección
- Liderazgo
- Documentar el proceso
- Recursos financieros

### **Metodología propuesta de ISS**

Esta metodología se desarrolló para una empresa pyme textil del municipio de Tulancingo que produce tela de mezclilla, la cual se aplicó y validó cuando se implementó, consta de 8 fases que se describen en la Figura 1, donde de manera general se identifica, planea, analiza y soluciona un problema. La estructura de la metodología se rige por la secuencia lógica del PDCA, que en un

primer acercamiento fue aplicada por Millán et al. (2015), en cada fase se debe seleccionar la herramienta/s de acuerdo a información disponible y necesidades.

**Figura 1. Metodología propuesta para una pyme textil del municipio de Tulancingo**

<b>FASE 1 CONOCER</b>			
Objetivo: Identificar las necesidades de la empresa, así como de las principales etapas del proceso de transformación del producto o servicio			
1A. ¿Tiene la empresa identificada una necesidad de mejora?	SI: Realizar descripción de necesidad de mejora. NO: Continuar con paso 1B.	Descripción de la necesidad de mejora de la empresa:	Herramientas requeridas: 1) Mapa de proceso; 2) SIPOC; 3) VSM
1B. Mapeo de proceso			
<b>FASE 2 IDENTIFICAR PROBLEMA</b>			
Objetivo Identificar el proceso/s donde existe/n problema/s y elegir el proyecto que sea factible y viable.			
2Aa. Lista de principales problemas detectados		2Ba. Definición del problema mediante 5W y 2H	
2Ab. Matriz de priorización detallada y/o Pareto de principales		2Bb. Árbol de Realidad Actual de principal problema detectado	
2Ac. Formación del equipo		2Bc. Definición del problema con base a la información de los puntos del 2A-2Bb.	
Herramientas requeridas: 1) Matriz de priorización; 2) Pareto; 3) 5W y 2H; 4) Árbol de realidad			
<b>FASE 3 PLANEAR</b>			
Objetivo: Planear los recursos a utilizar en el proyecto (humanos, materiales, económicos, tiempo)			
3Aa. Minuta de Inicio de proyecto	3Ab. Diagrama de flujo de la planeación del proyecto	Herramientas requeridas: 1) Mapa mental del proyecto; 2) Minutas de reunión; 3) Diagrama de flujo; 4) Matriz de roles de funciones; 5) Cronograma de actividades; 6) Tablero de control; 7) Ruta crítica; 8) Matriz de comunicación	
<b>FASE 4 IDENTIFICAR MURA Y MUDA DEL PROYECTO</b>			
Objetivo: Identificar las actividades que no agregan valor en el proceso, así como las principales fuentes de variación.			
4A. Mapeo de proceso focalizado	4B. Identificar MURA del/los proceso/s seleccionado/s	4C. Identificar MUDA del proceso seleccionado	
Herramientas requeridas Mapa de proceso: 1) Micromapa; 2) SIPOC focalizado; 3) VSM focalizado MURA: 1) Prueba de hipótesis; 2) Histograma; 3) Gráfico de tendencias; 4) Anova; 5) gráfico de control; 6) Ishikawa MUDA: 1) VSM; 2) Lluvia de ideas; 3) Cursograma analítico; 4) Tabla de mudas de proceso; 5) Diagrama de recorrido; 6) Mapa mental de desperdicios			
<b>FASE 5 PROPUESTA DE MEJORA</b>			
Objetivo: Identificar y seleccionar la/s oportunidad/es de mejora con base a la que posea mayor grado de impacto, en función de los recursos materiales, económicos y humanos requeridos.			
5A. Propuestas a desarrollar	5B. Plan de acción	Herramientas requeridas: 1) TPM; 2) Estandarización; 3) Kaizen; 4) 5s; 5) Balance de líneas; 6) Poka Yoke; 7)	

		SMED; 8) Kanban; 9) Heijunka; 10) OEE
<b>FASE 6 PRUEBA PILOTO</b>		
Objetivo: Realizar una prueba piloto de mejora, con base en herramientas LSS		
<b>FASE 7 VALIDACIÓN</b>		
Objetivo: Realizar comparativo y ajustes (en caso de requerirse para la mejora), y documentar nuevas prácticas.		
7A. Comparativo de medición, antes (4B) y después de la mejora.	Herramientas requeridas: 1) Gráfico de tendencia; 2) Carta de control; 3) Histograma; 4) Pareto; 5) Nivel sigma; 7) Tablero de control; 8) CP y CPK	
<b>FASE 8 SEGUIMIENTO</b>		
Objetivo: Verificar que se estén llevando a cabo las nuevas prácticas realizadas en el proceso.		
8A. Seguimiento de las nuevas prácticas	Herramientas requeridas: 1) Plan de control; 2) Carta de control; 3) Auditoría interna	

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados

La forma de implementación y resultados de la metodología se describen a continuación.

### CONOCER

En esta fase se sondea por medio de una entrevista con la Dirección si la empresa tiene identificada alguna necesidad de mejora; con el objetivo de satisfacer directamente las necesidades del cliente. En caso de que no exista esta situación, se elabora un macromapa para identificar los procesos para la elaboración del producto.

**Figura 2. Identificación de necesidad**

Paso	Fase	Paso	DESARROLLO
1	C O N O C E R	1A	<p>Objetivo Fase Conocer: Identificar las necesidades de la empresa, así como de las principales etapas del proceso de transformación del producto o servicio</p> <p>1A. ¿Tiene la empresa identificada una necesidad de mejora?</p> <p>SI: Realizar descripción de necesidad de mejora y continuar con paso 1B. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO: Continuar con paso 1B. <input type="checkbox"/></p> <p>Mapeo de proceso <input type="checkbox"/></p> <p>Descripción de la necesidad de mejora de la empresa: La empresa lleva un registro semanal de las principales áreas que producen defectos en la tela de mezcilla; debido a esto tienen identificados los problemas más recurrentes en la empresa y por lo tanto la oportunidad de mejora. Como resultado de su registro se identifica que uno de los principales defectos por altos puntos en la mezcilla, es el que comprende hilo grueso en urdimbre, el cual es</p>
		1B	<p>1B. Mapeo de proceso</p> <p>Herramientas</p> <p>Sugeridas</p> <p>MAPA DE PROCESO <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>SIPOC <input type="checkbox"/></p> <p>VSM <input type="checkbox"/></p> <p>Diagrama de proceso</p> <pre> graph TD     A[Recepción de Algodón] --&gt; B[Hilatura]     B --&gt; C[Urdido]     C --&gt; D[Teñido]     D --&gt; E[Abridoras]     E --&gt; F[Engomado]     F --&gt; G[Tejido]     G --&gt; H[Acabado]     H --&gt; I[Laboratorio de calidad]     I --&gt; J[Empaque]     J --&gt; K[Embarque]     </pre>

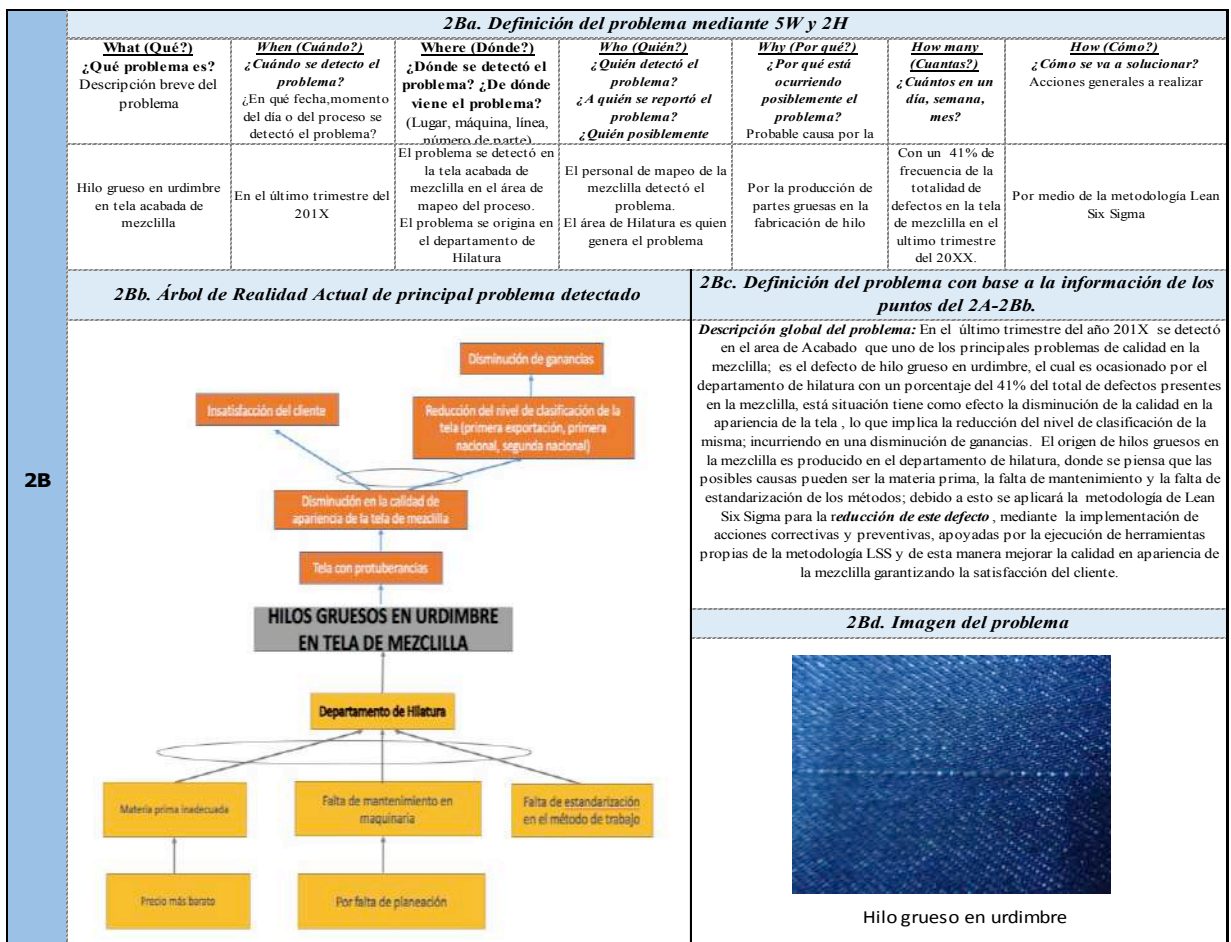
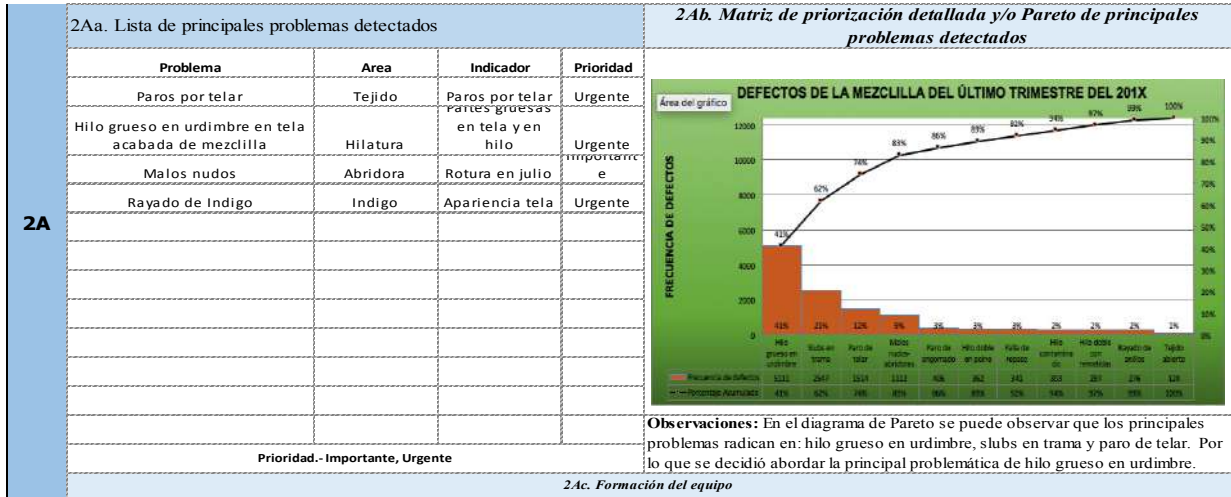
Fuente: Elaboración propia

### IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Con apoyo del macromapa, se realiza una lluvia de ideas con la alta dirección y operarios, se identifican los principales problemas en las diferentes áreas y se realiza una priorización de atención, la cual se valida por medio de un diagrama de Pareto para poder cuantificarlo. Una vez

identificado el principal problema y el proceso donde ocurre, se realiza la formación del equipo mejora continua. Y se continúa con la definición adecuada del problema por medio de herramientas como: 5W y 2H, árbol de la realidad actual y la definición propia del problema.

**Figura 3. Identificación del problema**



Fuente: Elaboración propia

## PLANEAR

Se identifican y organizan los recursos a utilizar en el proyecto, los cuales pueden ser humanos, materiales, económicos y tiempo; con el objetivo de plasmar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

En esta etapa se realiza la primera reunión del equipo de mejora, con el objetivo de cubrir con los siguientes puntos:

- Exposición del problema seleccionado a resolver.
- Explicación de la metodología a seguir
- Identificación de los principales requerimientos.
- Restricciones del proyecto.
- Identificación de metas a lograr.

Posterior a la primera reunión, se desarrolló un cronograma de actividades de las diferentes etapas de la metodología y un mapa mental de planeación de proyecto.

*La importancia de esta fase es fundamental, ya que indica el camino a seguir y coadyuvará al logro de las metas y por consiguiente al éxito del proyecto.*

**Figura 4. Cronograma del proyecto**

CRONOGRAMA DE PROYECTO "REDUCCIÓN DE HILOS GRUESOS EN URDIMBRE EN TELA DE MEZCLILLA"																			
CASO: Mezclilla.										ÁREA: Hilatura									
PERÍODO DE PLANEACIÓN: ENERO ABRIL																			
No.	ACTIVIDADES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Identificar la principal necesidad de la empresa	■																	
2	Recolectar datos para detectar principal defecto		■																
3	Formación de equipo			■															
4	Reunión para definir proyecto			■															
5	Identificar mura del proceso mediante micromapa d				■														
6	Seleccionar causas de mayor impacto				■														
7	Seleccionar histograma de principales causas						■												
8	Elaborar pruebas de hipótesis de principales causas						■												
9	Identificar muda mediante el mapa de 8 desperdici																		
10	Proponer mejora lean																		
11	Matriz de selección de acciones lean con mayor imp																		
12	Despliegue de prueba piloto																		
13	Validar la efectividad de las mejoras y estandarizar																		
14	Dar seguimiento mediante planes de control y audit																		
15	Cierre del proyecto																		

Fuente: Elaboración propia

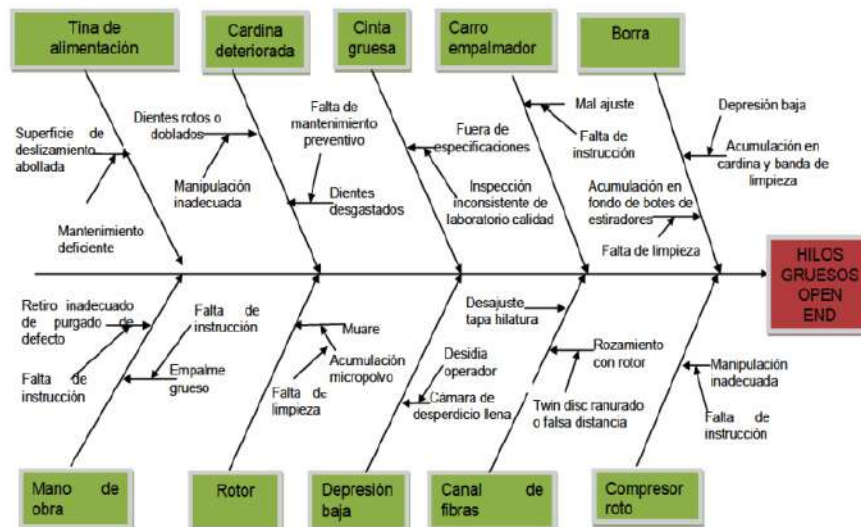
## IDENTIFICAR MURA Y MUDA

En esta fase se identifican los principales factores de variabilidad del proceso seleccionado y los posibles desperdicios del mismo donde se siguen los siguientes pasos:

- A. Mapeo del proceso focalizado. Se conocen los diferentes subprocesos y su integración.
- B. Identificación del MURA. Con las herramientas estadísticas seleccionadas se obtienen los resultados siguientes:

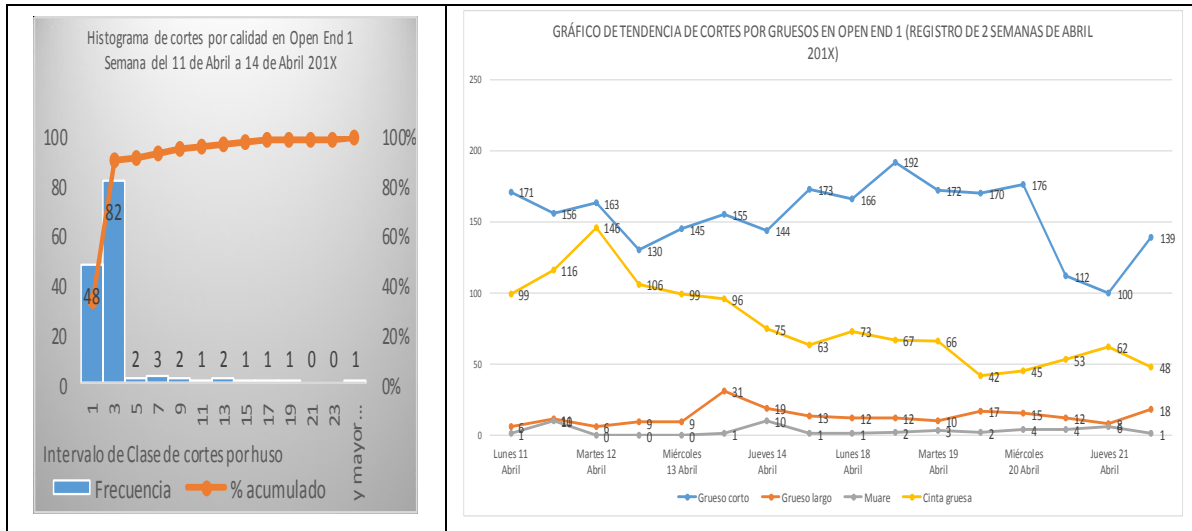
- ✓ Diagrama de Ishikawa del proceso focalizado. *Se identifica los subprocesos del área de hilatura en el cual se puede apreciar que en el proceso de hilado Open End, es donde se identifica la mayor cantidad de causas de partes gruesas en el hilo junto con el proceso de estiradores, sin embargo por consenso con el equipo de trabajo se determinó abordar en primera instancia a Open End.*
- ✓ Diagrama de estratificación de OPEN END. *Se desarrolla para identificar las principales causas de partes gruesas en el hilo producidas.*
- ✓ Histograma. *Muestra que es un proceso no centrado del óptimo que es de 0 cortes, con sesgo a la derecha ya que indica que la mayoría de husos tienen de 1 a 3 cortes por calidad con una frecuencia de 130 por turno, los cuales pueden ser a causa por gruesos cortos, gruesos largos, muare, cinta gruesa y cinta delgada. El número de cortes que más se repite por huso es de 3. El recorrido de cortes por gruesos va desde 1 hasta 24 purgados por huso.*
- ✓ Prueba de hipótesis. *Se desarrolló con respecto al promedio histórico de cortes por gruesos.*
- ✓ Gráfico de tendencias. *Aplicada para conocer la variabilidad en la producción de gruesos. Muestra que la mayor frecuencia de gruesos en el hilo durante las dos semanas es debido a gruesos cortos (longitud menor a 5 cm)*

**Figura 5. Diagrama de Ishikawa del proceso focalizado**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 6. Histograma y Gráfico de tendencias de cortes**



Fuente: Elaboración propia

### Identificación del MUDA

Se identifica que las principales mudas en el proceso son los de defectos y espera a causa de falta de mantenimiento y estandarización en los procesos, lo cual también se puede interrelacionar con el Ishikawa de estratificación y los estadísticos de análisis de variabilidad.

**Tabla 5. Identificación de desperdicios en subproceso de hilado OPEN END**

NO.	TIPO DE DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN	CAUSAS
1	Sobreproducción	No aplica (La empresa trabaja bajo pedidos del cliente)	----
2	Inventario	El hilo con mala calidad por partes gruesas es utilizada para orilla de mezclilla	* Gruesos cortos en hilo * Gruesos largos en hilo * Baja resistencia * Neps
3	Sobreprocesamiento	Eliminar purgado por empalme La marcación de cada bobina	* Falta de mantenimiento en Open End * Falta de estandarización en identificación del producto
4	Transporte	No aplica, se cuenta con una adecuada distribución de planta.	----
5	Espera	Husos de la máquina están parados.	* Cortes por purgado por gruesos cortos, largos, muare y cinta gruesa * Falta de bote con material de algodón. * Descuido del operario * Bobina llena * Empalme inadecuado de carro empalmador * Cambio de título de hilo
6	Movimiento	Movimiento inadecuado para personas de baja estatura en el cambio de bobina	* Husos altos (se requiere personal con cierta estatura)

7	Defectos	Hilo con partes gruesas	* Falta de mantenimiento en Open End * Empalme rotafrotado por operario * Falta de inspección en cámara de limpieza * Inadecuada programación de Open End
---	----------	-------------------------	--

Fuente: Elaboración propia con base en Gutiérrez (2013)

## PROPUESTA DE MEJORA

En esta fase se identifican y seleccionan las oportunidades de mejora con base a la que posea mayor grado de impacto, de acuerdo a los recursos materiales, económicos, humanos y tiempo requeridos.

Las propuestas de mejora se realizan en función de las causas identificadas de la tabla de desperdicios y del análisis realizado en mura. Posteriormente se establecen las acciones, los recursos materiales, los responsables y el tiempo planeado de ejecución con base a las herramientas lean seleccionadas.

En la empresa textil se seleccionaron eventos kaizen, poka yoke informativos y estandarización; debido al factor principal tiempo y disposición de recursos, por lo que se realizó:

- Hojas de instrucciones de mantenimiento a Open End
- Procedimientos de control de defectos por gruesos
- Diagrama de flujo de mantenimiento Open End
- Programación mensual de mantenimiento
- Poka yoke para límite recomendado de llenado de desperdicio

**Tabla 6. Plan de acción**

Herramienta	Acciones	Objetivo	Recursos	Responsable	Tiempo considerado
Estandarización	Capacitar a los operadores en sistemas de rotafrotado y realizar cronograma de mantenimiento preventivo mensual y semanal.	Garantizar que los métodos de rotafrotado sean adecuados.	* Manual de Open End * Proyector * Bitacora	XXXX	1 semana
Kaizen	Mantenimiento a piezas críticas de Open End	Reducir la producción de gruesos en Open End a causa de piezas desgastadas.	Refaccionamiento en cardinas, rotores, tinas de alimentación, compresores	XXXX	3 semanas
Poka yoke	Poka yoke de señalamiento en cámara de limpieza e informativos por medio de procedimientos	Reducir o eliminar el problema de exceso de material en cámara de limpieza, así como prevenir la producción de partes gruesas en hilo.	* Pintura o cinta masking de color * Carpeta de procedimientos	XXXX	2 semanas

Fuente: elaboración propia

## PRUEBA PILOTO



En la empresa textil, se realizó el cambio de piezas críticas de Open End en la producción de partes gruesas en el hilo, así como se llevó a cabo la estandarización en el control de gruesos por medio de procedimientos y hojas de instrucción. Aunado a estas acciones, se realizó la capacitación a oficiales de Open End y Cardas.

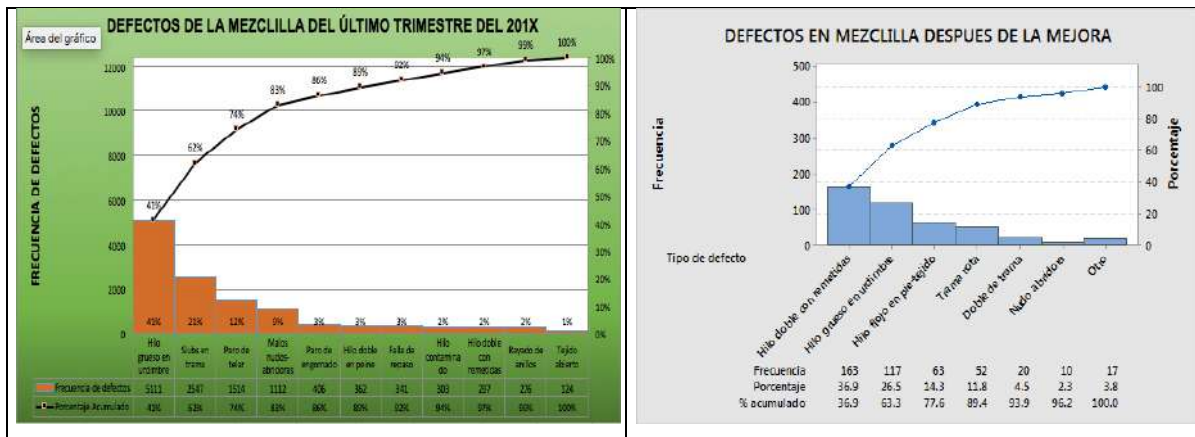
## VALIDACIÓN

En esta fase se realiza el comparativo del antes y después de la mejora y se realizan los ajustes requeridos en caso que sea necesario, para después documentar las nuevas prácticas.

Debido a esto, se recolecta la información de las variables de calidad analizadas en los estadísticos de la fase de mura; para contrastarlas con los nuevos resultados y así poder validar que las acciones propuestas han mejorado la calidad del proceso. Una vez que se haya comprobado que los resultados fueron satisfactorios, se replican las acciones de mejora en los procesos similares.

El resultado de las acciones de mejora refleja una disminución en las partes gruesas del hilo. Esto conlleva a una reducción del defecto de hilos gruesos en urdimbre en la tela acabada de mezclilla, de un 41% a un 26.5%, pasando en segundo nivel de importancia de los principales defectos de la tela.

**Figura 7. Contratación de resultados de la mejora**



Fuente: elaboración propia

## SEGUIMIENTO

En esta fase se verifica que se esté llevando a cabo las nuevas prácticas de mejora continua, en esta fase se desarrolló un plan de control y un check list.

## Análisis

La fase 4 es crítica, correspondiente al Mura y Muda, donde se identifica que el principal causante del problema de hilos gruesos es en urdimbre de la tela acabada de mezclilla, del hilo producido en el departamento de hilatura. Identificándose que se debe principalmente a la falta de: 1) Mantenimiento de Open End; 2) Capacitación a operarios en el control de gruesos y 3) Procedimientos e instructivos referentes a empalme de cinta, limpieza de piezas y cambio de partes críticas deterioradas de la caja de hilatura.

Con las acciones implementadas se logró reducir el porcentaje de hilos gruesos en urdimbre de la tela acabada de mezclilla; de un 41% a un 26.5%.

Una restricción importante fue la parte económica; por qué se indicó desde un principio que en caso que se necesitarán refacciones no se comprarían las piezas. Derivado de esta situación, se buscaron alternativas de solución y una de ellas fue revisar en el almacén de refacciones de hilatura, en el cual existía inventario de piezas usadas de caja de hilatura, se realizó una inspección de piezas a condición, de las cuales algunas se encontraban en mejor estado que las que estaban trabajando en producción y fueron las que se reemplazaron por las piezas críticas identificadas; por lo que se recomienda que en un futuro cercano se realice un refaccionamiento de las siguientes Open End.

Antes de la aplicación del proyecto, las actividades relacionadas con calidad consistían en el control de peso de cinta tanto en estiradores como en cardas, por medio de muestreo sistemático; así como la identificación de bobinas de hilo fuera del título especificado y pruebas uster; para no permitir que pasaran al siguiente proceso y se clasificaban como saldos.

Derivado de la implementación del proyecto, se deja como recursos la aplicación de herramientas de control estadístico; así como dar continuidad con capacidad de proceso, estudios R&R y diseño de experimentos.

Se recomienda evaluar diferentes características de calidad en Open End como: velocidad de cardinas, factor torsión, correlaciones de piezas con mantenimiento a condición. De igual forma aplicar otras herramientas lean como: SMED en el cambio de título de Open End, diseño de experimentos con diferentes velocidades de cardinas y factor torsión, aplicación de 5S's y TPM en el área y sistemas ANDON para visualizar el nivel de productividad del departamento.

## **Conclusiones**

Con la aplicación de la propuesta de la metodología Lean Six Sigma, se logró reducir la frecuencia del principal defecto de la tela de mezclilla de hilos gruesos en urdimbre. De un índice de 1.8 gruesos por cada 100 yardas lineales a 1 grueso.

En la identificación de la variabilidad del proceso de hilatura se identificó que la siguiente causa en importancia para el control de gruesos es el de subproceso de estiradores, por lo que se recomienda aplicar la metodología recomendada, otras variables de calidad a medir son la mezcla adecuada de algodón con base a los parámetros de calidad de longitud, grado de hoja y finura.

La metodología busca ser una guía práctica para la integración de las filosofías Lean Manufacturing y Six Sigma. Se considera que la implementación es sencilla y dinámica, fácilmente adaptable a las necesidades de la pequeña y mediana empresa; buscando objetividad en las características de la misma, en cuanto a los diferentes recursos de la organización.

## REFERENCIAS

- Aldana, L. (2011). *Administración por calidad*. Bogota, Colombia: Alfaomega.
- Arroyo, M., y Cárcamo, M. (2010). La evolución histórica e importancia económica del sector textil y del vestido en México. *Economía y Sociedad*, 14 (25), 51-68.
- CANAIVE (2009). *Cámara Nacional de la Industria del Vestido. Memoria Estadística: 2009*. Recuperado de <http://www.canaive.org.mx/doctos/memEstadist2009.pdf>.
- Censos Económicos (2014). *Resultados definitivos*. México:INEGI.
- Centro de Estudios de Competitividad (2008). *La industria textil en México: diagnóstico, prospectiva y estrategia*. México: ITAM.
- Chen, T. (2008) Comparing Lean Production and Six sigma. *Management. Asian Social Science*, 4 (7), 48-50.
- Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K., y Derammelaere, S. (2011). A method to align a manufacturing execution system with lean objectives. *International Journal of Production Research*, 49 (14), 4397-4413.
- Drohomeretski, E., Gouvea da Costa, S., Pinheiro de Lima, E., y da Rosa Garbuio, P. A. (2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, 52 (3), 804-828.
- Felizola, H., y Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22 (2), 263-277.

- Gutierrez, H., y Vara, R. (2013). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México, D.F.: McGraw Hill.
- Gutiérrez, P. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- INEGI (2009). *Censos económicos 2009*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (2014). *Banco de Información Económica: Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, Hidalgo*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>:
- INEGI (2016). *Conociendo Hidalgo*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: México.
- INEGI (s/f). Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2015. Recuperado de [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/establecimientos/otras/enaproc/default\\_t.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/establecimientos/otras/enaproc/default_t.aspx).
- Laureani, A. (2012). Lean Six Sigma in the Service Industry. En Holtzman, Y. (Ed.), *Advanced Topics in Applied Operations Management*. Croatia: INTECH.
- Laureani, A., y Jiju, A. (2012). Critical success factors for the effective implementation of Lean Sigma: Results from an empirical study and agenda for future research. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3 (4), 274-283.
- Lean Six Sigma Institute (2016). *Lean Six Sigma Institute*. Recuperado de <http://www.lssi-spanish.org/>
- Mantilla, L. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. *Estudios Gerenciales*, 28 (124), 23-43.
- Millan, C., resendiz, J., Garnica, J., Niccolas, M., Miranda, M., y González, A. (2015). *Análisis para mejorar la calidad de hilo en el proceso de hilatura de algodón*. En C. A. Industrial. (Ed.), El impacto de la ciencia y la tecnología en el sector industrial. Mexico: Publicia.
- Montaño, O., Corona, J., y Medina, J. (2010). Modelo que identifica la madurez de los procesos. Caso: pequeña empresa manufacturera. *DYNA Engineering and Industry*, 85 (5), 392-400.
- Niño, L., y Bednarek, M. (2010). Metodología para implantar el sistema de manufactur esbelta en PyMES industriales mexicanas. *Ideas CONCITEG*, 5 (65), 1284-1307.
- Perez, E., y García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 27 (3), 88-106
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. México: McGrawHill.
- Secretaría de desarrollo económico de Hidalgo (SEDECO). (2014). Actualización del programa sectorial de desarrollo económico 2011-2016. Recuperado de <http://sepladerym.hidalgo.gob.mx/institucional/Programas/docs/sectoriales/SEDECO.pdf>

Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. México: Norma.

Timans, W., Antony, J., Ahaus, K., y Solingen, R. (2011). Implementation of Lean Six Sigma in small- and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands. *Journal of the Operational Research Society*. 63 (3), 339-3.